

ВИКОРИСТАННЯ БРОМВИДІЛЯЮЧИХ ТРАВНИКІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ $K_2Cr_2O_7 - HBr$ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПОЛІРОВАНОЇ ПОВЕРХНІ МОНОКРИСТАЛІВ $CdTe$ ТА $Zn_xCd_{1-x}Te$

У відтворюваних гідродинамічних умовах досліджено особливості хімічного розчинення монокристалів $CdTe$ та $Zn_xCd_{1-x}Te$ у водних розчинах $K_2Cr_2O_7 - HBr$ – оксалатна кислота. Побудовано діаграми “склад травника – швидкість травлення” та визначено концентраційні межі поліруючих травників. Оптимізовано склади травників та режими проведення процесу хіміко-динамічного полірування вказаних напівпровідників.

Ключові слова: хімічне травлення, травник, швидкість розчинення, хіміко-динамічне полірування.

В воспроизводимых гидродинамических условиях исследованы особенности химического растворения монокристаллов $CdTe$ и $Zn_xCd_{1-x}Te$ в водных растворах $K_2Cr_2O_7 - HBr$ – щавелевая кислота. Построены диаграммы “состав травителя – скорость травления” и определены концентрационные границы полирующих травителей. Оптимизированы составы травителей и режимы проведения процесса химико-динамического полирования указанных полупроводников.

Ключевые слова: химическое травление, травитель, скорость растворения, химико-динамическое полирование.

The chemical dissolution of the $CdTe$ and $Zn_xCd_{1-x}Te$ single crystals in aqueous solution of $K_2Cr_2O_7 - HBr$ – oxalic acid in reproducible hydrodynamics conditions has been investigated. It have been constructed the graphic dependences “etchant concentration – etching rate” and determined the concentration limits of polishing etchant. The etchants composition and condition of realization of chemical-dynamic polishing process of these semiconductors were optimized.

Keywords: chemical etching, etchant, dissolution rate, chemical-dynamic polishing.

Метою роботи є дослідження закономірностей хіміко-динамічного полірування (ХДП) поверхні монокристалів $CdTe$ та твердих розчинів $Zn_xCd_{1-x}Te$ травильними композиціями $K_2Cr_2O_7 - HBr$ – оксалатна кислота, встановлення концентраційних меж травильних композицій за характером їх дії на поверхню напівпровідників, оптимізація складів поліруючих розчинів та режимів проведення процесу ХДП для формування полірованої поверхні досліджуваних монокристалів.

Для експериментальних досліджень використовували вирощені методом Бріджмена монокристали $CdTe$ та $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$, а також $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$ отриманий з газової фази. Зразки площею $0,5 \text{ см}^2$ та товщиною $1,5\text{-}2 \text{ мм}$ вирізали струнною різкою з алмазним напиленням. Порушений під час різки шар частково видаляли механічним шліфуванням абразивними порошками марок М10, М5 та М1 у вигляді водних суспензій. Потім для видалення приповерхневих структурно-дефектних

шарів проводили механічне полірування зразків алмазними пастами, поступово зменшуючи розмір зерна абразиву. Після кожного етапу механічної обробки проводили міжопераційну очистку за розробленою [1] технологічною схемою:

промивка (H_2O дист. + ПАР) → промивка (H_2O дист.) → знежирювання (ацетон, C_2H_5OH) → висушування (потік сухого повітря).

Перед виконанням ХДП із поверхні зразків видаляли порушений шар товщиною близько 100 мкм універсальним травником на основі HNO_3 – HBr – $C_4H_6O_6$. Травильні розчини готували з 40 % HBr (ос.ч), 10,9 %-го водного розчину $K_2Cr_2O_7$, 9 % $C_2H_2O_4$ (х.ч) та витримували 2 години для встановлення рівноваги хімічної реакції :



Оксалатну кислоту додавали до складу травників для кращої розчинності продуктів реакції, щоб уникнути пасивації полірованої поверхні, а також для зменшення швидкості хімічного розчинення.

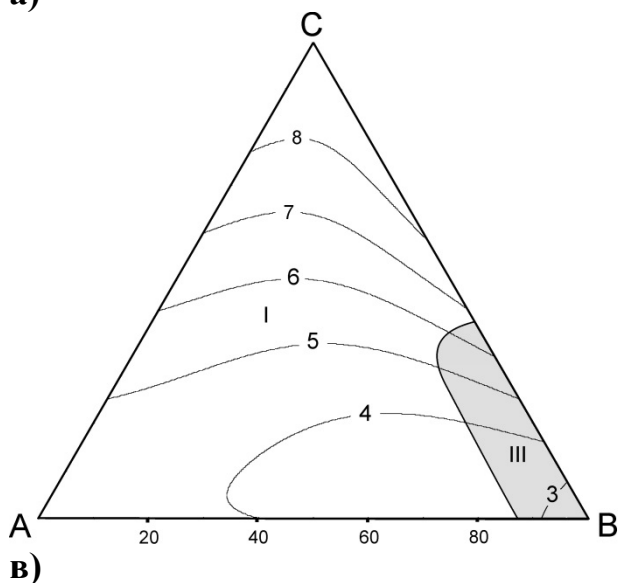
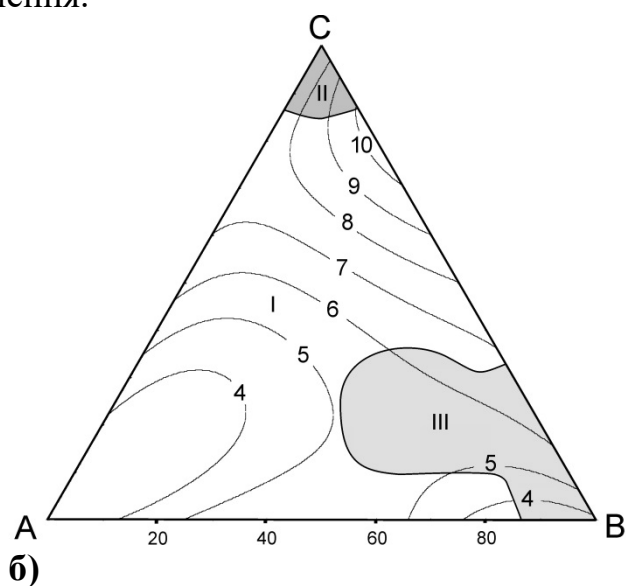
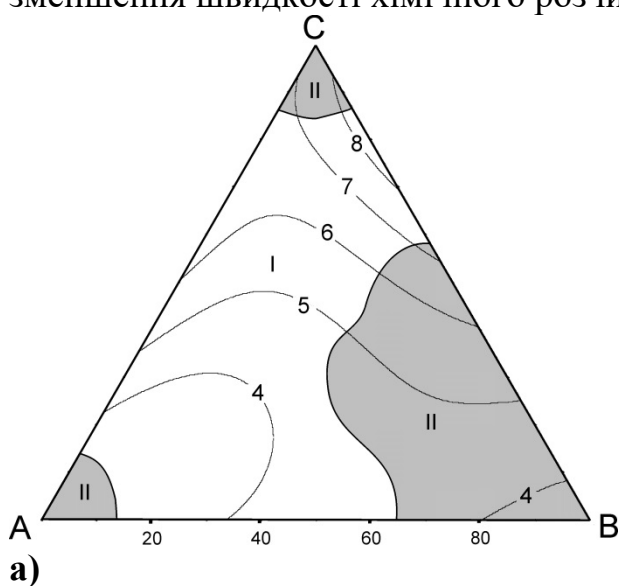


Рис. 1. Концентраційні залежності ($T = 294$ К, $\gamma = 82$ хв⁻¹) швидкості травлення (мкм/хв) $CdTe$ (а), $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$ (б) та $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ (в) при об'ємному співвідношенні компонентів $K_2Cr_2O_7$ – HBr – $C_2H_2O_4$ у вершинах А, В, С відповідно: А – 20:80:0; В – 20:20:60; С – 50:50:0 (область І – поліруючі, ІІ – неполіруючі, ІІІ – селективні розчини).

Для формування полірованої поверхні монокристалів $CdTe$ та $Zn_xCd_{1-x}Te$ проводили фінішне ХДП розробленими травниками на основі розчинів $K_2Cr_2O_7$ – HBr у відтворюваних гідродинамічних умовах із використанням методики диску, що обертається (при $T = 294$ К та швидкості обертання диску $\gamma = 82$ хв⁻¹).

Швидкість розчинення визначали за зменшенням товщини зразка перед та після ХДП за допомогою годинникового індикатора 1-МИГП (точність $\pm 0,5$ мкм).

Діаграми «склад травника – швидкість травлення» (рис. 1) побудовано з використанням методу математичного планування експерименту на симплексі [2], при цьому виявлено області з поліруючими (область I), неpolіруючими (область II) та селективними (область III) розчинами по відношенню до досліджуваних монокристалів.

З рис. 1 видно, що швидкості розчинення монокристалів невеликі та становлять близько 3-10 мкм/хв. Виявлено, що зі збільшенні вмісту $K_2Cr_2O_7$ в складі травників швидкість ХДП зростає до 8,3 мкм/хв для CdTe, 10,3 мкм/хв для $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$ та 9 мкм/хв для $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$. Розведення розчинів оксалатною кислотою та відповідно зменшення концентрації $K_2Cr_2O_7$ зумовлює зменшення швидкості хімічного розчинення. Травильні суміші з максимальним вмістом $C_2H_2O_4$ (поблизу кута B) володіють найменшими швидкостями ХДП (2,8-3,5 мкм/хв). Виявлено, що області поліруючих розчинів займають більшу частину досліджуваного концентраційного інтервалу, а швидкості хімічного полірування ними становлять: 3,5-8 мкм/хв для CdTe, 3,7-10,3 мкм/хв для $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$ та 3,3-9 мкм/хв для $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$. Встановлено, що суміші насичені оксалатною кислотою (45-60 об.% $C_2H_2O_4$) формують на поверхні $Zn_{0,04}Cd_{0,96}Te$ та $Zn_{0,1}Cd_{0,9}Te$ круглі ямки травлення (область III). Це може бути обумовлено «вимиванням» з поверхні цих напівпровідників цинку, адже утворений внаслідок взаємодії ZnC_2O_4 краще розчинний у воді ніж CdC_2O_4 . З рисунка видно, що хід ізоліній швидкостей ХДП зразків подібний, а це, ймовірно, свідчить про однотиповий механізм їх хімічної взаємодії з компонентами травників.

На основі отриманих експериментальних даних встановлено, що для формування високоякісної полірованої поверхні CdTe та твердих розчинів $Zn_xCd_{1-x}Te$, процес ХДП необхідно проводити поліруючими травниками при $T = 293-295$ K та швидкості обертання диску $\gamma = 82$ хв⁻¹. Після закінчення травлення зразки необхідно спочатку промивати 0,1 М водним розчином $Na_2S_2O_3$ для видалення з поверхні непрореагованих залишків травника (реакція 2), а потім великою кількістю дистильованої води та висувувати в потоці сухого повітря.



Результати металографічного та профілометричного аналізів поверхні зразків після полірування показали перспективність розроблених травильних композицій для фінішного ХДП монокристалів CdTe та $Zn_xCd_{1-x}Te$ (шорсткість полірованої поверхні становить $R_z \leq 0,05$ мкм). Оптимізовані склади поліруючих травників характеризуються низькими швидкостями травлення (3,3-10,3 мкм/хв) і можуть бути використані для контрольованого зменшення товщини пластин до заданих розмірів, пошарового травлення та фінішного полірування поверхні досліджуваних напівпровідникових матеріалів.

Список використаних джерел

1. Чайка М.В. Особливості хімічного розчинення монокристалів CdTe, $Zn_xCd_{1-x}Te$ та $Cd_xHg_{1-x}Te$ у водних розчинах $K_2Cr_2O_7 - HBr - C_4H_6O_6$ / М.В.

Чайка, З.Ф. Томашик, В.М. Томашик, Г.П. Маланич, А.А. Корчовий // Вопросы химии и химической технологии. – 2018. – № 6. – С. 99-106.

2. Томашик В.Н. Применение математического планирования эксперимента для жидкостного травления полупроводников / В.Н. Томашик, А.А. Сава // Заводск. лабор. – 1987. – Т. 53, № 7. – С. 65.

УДК 54.04:556.5

Шевченко А. І., Калінін І.В.

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ВОДИ РІЧОК УКРАЇНИ

У статті наведено хімічні показники якості води річок України, розкрито причини забруднення водних ресурсів, описано хімічні показники якості води.

Ключові слова: водні ресурси, забруднення, річки України, хімічні показники, якість води, кислотність (рН), газы, домішки, сполуки, токсичні речовини.

В статье приведены химические показатели качества воды рек Украины, раскрыты причины загрязнения водных ресурсов, описано химические показатели качества воды.

Ключевые слова: водные ресурсы, загрязнение, реки Украины, химические показатели, качество воды, кислотность (рН), газы, примеси, соединения, токсичные вещества.

The article presents the chemical indicators of water quality in the rivers of Ukraine, discloses the causes of water pollution, describes the chemical indicators of water quality.

Key words: water resources, pollution, rivers of Ukraine, chemical indicators, water quality, acidity (pH), gases, impurities, compounds, toxic substances.

Сьогодні Україна є однією з найменш водозабезпечених країн Європи, її водокористування здійснюється переважно нераціонально, непродуктивні витрати води збільшуються, об'єм придатних до використання водних ресурсів внаслідок забруднення і виснаження зменшується. Грунтові води та поверхневі водні джерела є досить забруднені. Основні речовини, які призводять до забруднення – сполуки важких металів, сполуки азоту та фосфору, нафтопродукти, феноли, сульфати, поверхнево-активні речовини. Система державного управління в галузі охорони вод потребує невідкладного реформування. Екологічний стан поверхневих водних об'єктів і якість води в них є основними чинниками санітарно-епідемічного благополуччя населення. Водночас більшість водних об'єктів за ступенем забруднення віднесені до забруднених та дуже забруднених. Підземні води України в багатьох регіонах за своєю якістю не відповідають нормативним вимогам до джерел водопостачання, що пов'язано передусім з антропогенним забрудненням. Основними джерелами забруднення вод є скиди з промислових об'єктів, змив з сільськогосподарських полів та недотримання норм щодо водоохоронних зон. Забруднення води нітратами призводить до виникнення різноманітних захворювань, зниження загальної резистентності організму і, як наслідок, до підвищення рівня загальної